植 物 分 类 学 报 38 (5):490 ~ 496(2000)
Acta Phytotaxonomica Sinica

·问题讨论·

Biosystematics，它的内含和中文翻译问题

洪德元
(中国科学院植物研究所系统与进化植物学开放研究实验室 北京 100093)

本刊 36 卷 6 期刊登了王中仁的文章《术语‘Biosystematics’和‘Complex’的概念和中文译法辩析》,该文认为应按构词法把“biosystemaitcs”译为“生物系统学”,而“物种生物学”的译法是对该词的误解。葛颂在本刊 37 卷 6 期发表了《也谈‘Biosystematics’的中文译名以及由此引发的思考》一文。他认为,按词意,“物种生物学”的译法是恰当的。应当说,葛颂已经把该词的真正含意和历史演变阐述得很清楚了。我这里作点补充,主要叙述‘biosystematics’产生的历史背景和一些著名学者对它的理解,也算是替自己的译法进行辩解吧!

自 Camp 和 Gilly(Camp & Gilly, 1943)首次提出‘biosystematy’(后演变为 biosystematics)一词以表述一个新学科,至今已逾半个世纪,然而在中国,从对它的中文译法看,对这一学科内容的理解还存在问题。“biosystematics”一词在中国有两种译法。韦仲新和缪汝槐等(1986)把 Stace(1980)的《Plant Taxonomy and Biosystematics》一书译为《植物分类学与生物系统学》。这是照字面把‘biosystematics’译为‘生物系统学’,因为该词由两部分组成:“bio”和“systematics”。从构词看,这种译法无可非议。王中仁(1998)仍然坚持这种译法。我本人在 70 年代,在未很好理解‘biosystematics’的内容和原意的情况下,在我的笔记上和一些油印材料中把它译为‘生物系统学’。但是后来,随着阅读了大量有关文献,特别是 Camp 和 Gilly (1943)的原文以后,我才真正领悟到它的内容和含意,于是在翻译和审校 Heywood (1976)的《Plant Taxonomy》时,把‘biosystematics’译为‘物种生物学’。其实这一译法在某种意义上说并非首创,因为 Kawano(1974)有一本日文书,名为《种的起源与适应》。其中他把“biosystematics”译为‘种生物学’。实际上,把“biosystematics”译为‘物种生物学’还是‘生物系统学’,不是简单的译法问题,它涉及到对这门学科内容的理解问题。正确理解‘biosystematics’的内容非常重要。正如 Stace (1980) 所指出的,植物分类学可分两大部分:experimental taxonomy (实验分类学),也即 biosystematics,和 orthodox 或 classical taxonomy (传统的或经典的分类学)。显然,如果我们不能正确理解‘biosystematics’的真正内容,我们就不能充分理解植物分类学。

“biosystematics”的发展历史,大致可分为以下阶段:

Turesson 的开创性研究 回顾‘biosystematics’的历史,不能不提 Turesson 的开拓性研究。达尔文划时代的著作《物种起源》把生物进化归结为两大因素:变异和自然选择。但是那时遗传学尚未诞生,达尔文不可能真正认识变异的来源和性质,因而对进化和物种起源过程的认识甚为肤浅。而重新发现孟德尔定律的学者之一 de Vries,根据对月见草属

2000-04-07 收稿,2000-07-25 收修改稿。

Oenothera 的研究，提出“突变进化论”(mutational theory of evolution)。月见草属是一群很特殊的植物，存在频繁的染色体易位，导致杂合性和物种的急剧变化，因此它不能代表广大的植物界。因此，对于一般植物的变异的性质，在 Turesson (1922) 之前仍然只有模糊和片面的认识。在这种背景下，Turesson 在瑞典南部 Akarp 的试验场上作了大量移栽试验。Turesson 那时已经认识到不同物种对环境有不同的耐性，也知道同一物种的不同居群(population)如果占据分明不同的生境，常常显示形态和生理的差异，而这些差异往往具有适应性质。Turesson 试验的目的之一是检查这些差异是同一基因型(genotype)由于环境影响发生了饰变 (modification) 还是不同的基因型在不同生境中的表现。他从物种分布区不同部分取一系列居群(每个居群个体数不少于 20)，然后移栽于均一的条件下。他注意到，植物经若干年栽培后在习性、高度、花期等方面有反应。他发现，野外观察到的居群之间的差异在某些场合下消失了，在另一些场合下显示出过渡，但是在多数情况下仍然保留下来。因此，这些保留下来的差异看来是由于遗传差异所致。他的试验证明，遗传上不同的宗(race)常与生境差异相关 生境施加的类似的选择看来会导致类似的适应性状。Turesson 引进了一个新的术语——生态型(ecotype)，以表述基因型和环境相互作用的产物。他认为，环境中主导因子的选择作用筛选出最适应特定生境的生物型(biotype)，而有选择地清除掉不适应的生物型，结果就产生了遗传上适应了的、可传代的生态居群，这就是生态型。我在瑞典隆德大学工作时(1979 ~ 1981)，曾考察过一些被 Turesson 作为试验对象的植物，如山柳菊 *Hieracium umbellatum*。这种植物在多石地段呈现匍匐状，叶排列紧密 在沙地上呈上升状态(下部斜卧而上部直立)，叶排列较稀疏 草甸的居群高大而直立，叶排列稀疏。这些野外观察到的差异在 Turesson 的移栽实验中基本上维持不变。多石居群、沙地居群和草甸居群代表 3 个生态型，它们是基因型与环境长期互相作用的产物。

虽然后来的研究，包括 Turesson 本人的研究，对 Turesson(1922)的许多见解作了修正，但有一点很清楚，正统的分类学框架把物种分为种、亚种、变种和变型等，过份死板，难于表达种内这类生态-遗传变异的细节。于是 Turesson 提出一套新的术语阶层系统以实现这一目的 生态型 – 生态种 – 近群种(ecotype-ecospecies-coenospecies)。按照 Turesson(1922)的定义，“ecotype”是“一个物种的基因型对其特定生境反应的产物”；“ecospecies”是“覆盖林奈种或自然界中表现的基因型复合物”，而“coenospecies”则是“基因型复合物中所有可能的组合之总和”。后来 Turesson 两次重新定义 ecotype，并在 1929 年引进基因交流的相对程度作为他的阶层系统中划分的主要标准。比如，生态种被定义为一个居群，它与自然界中别的居群杂交时产生活力衰退或多少不育的后代。尽管后人又对 ecotype 给予新的定义，但是 Turesson 的遗传生态学(genecology)研究首次揭示了种内生态分化的遗传基础，是进化分类学(evolutionary taxonomy)研究的转折点(Davis & Heywood，1963)。

Clausen，Keck 和 Hiesey 的实验研究　对居群的基因生态学分化进行世界上规模最大的实验至今仍是美国华盛顿 Carnegie 研究所资助的实验。这项实验由 Hall 和他的助手奠基，并在 Clausen，Keck 和 Hiesey 3 人合作时期(20 世纪 30 ~ 50 年代)达到顶峰。Clausen 是细胞学家，Keck 是分类学家，Hiesey 是生态和生理学家。他们的研究历时 30 年。他们的研究方法是在样带上进行居群取样，记录形态特征，分为三个无性株分别栽于各实验站，记录和分析形态和生理特性。此外他们进行杂交试验，分析后代的能育性和形态表

现。当然染色体研究是他们研究的常规内容。他们横穿加利福尼亚中部(38°N)建立 3 个实验园地:Stanford(海拔仅 30 m),Mather (1400 m)和 Timberline (3050 m)。这条样带从太平洋海岸跨过两条山脉,因此覆盖范围很宽的生态和气候条件。他们沿样带研究了若干类群,其中对萎陵菜属 *Potentilla*、菊科中的蓍属 *Achillea* 和 *Madinae* 族的研究最出名。在他们所研究的每一类群中,凡是覆盖样带相当大部分的物种都显示出由一系列气候宗或气候生态型(climatic races 或 ecotypes)组成,构成一个序列。例如在 *Potentilla glandulosa* 中,他们沿这条样带区分出 5 个气候生态型,其间的差异既表现在形态特征方面,如体态、习性、叶大小和花序形态等,也表现在生理特征方面,如生长节律、花期、耐霜冻等。他们把这 5 个生态型定为 4 个亚种。海岸山脉生态型(原亚种)与 Sierra Nevada 山系低山坡(300 ~ 2000 m)的邻近亚种(subsp. *reflexa*)空间上不相连。亚种 *reflexa* 与中间生态型(subsp. *hanseni*)在海拔上(1300 ~ 3000 m)有一定程度的重叠,但生态上相离。在接触地段上两者发生杂交。亚高山生态型与高山生态型(3000 ~ 3600 m)则是连续的,被定为同一亚种(subsp. *nevadensis*)。海岸类型(原亚种)在 Stanford 长得最高,在 Mather 较差,而在 Timberline 则不能越冬。subsp. *reflexa* 在其原产地 Mather 生长最佳,在 Stanford 生长较弱,在 Timberline 也不能越冬;subsp. *hanseni* 在 Stanford 深深地冬眠,在 Mather 长得最旺,在 Trmberline 能越冬,但不常结出饱满种子。最后,subsp. *nevadensis* 在 Stanford 冬眠,难以存活,在 Mather 长势最好,在 Timberline 生长旺盛,也能结籽。由此可见,四个按形态划分的亚种也代表了四个分明有别的生理类型。每个类型都在离其原产地环境最近的实验站生长最好,结实率最高。生态型之间的杂种完全能育,而且能产生具有新适应特征的新基因型。在 *P. glandulosa* 内看来既有连续的又有不连续的变异,一个亚种的某一性状(花期)呈现完全的过渡,即呈梯度变异(cline),而另一亚种的同一性状却可能显示随机变异。Clausen, Keck 和 Hiesey 的实验不仅验证了 Turesson 提出的 ecotype 概念,而且其规模更大,历时更久,学术上的发现更多,更深刻。他们的研究使人们对物种的性质有了相当深刻的认识。他们自 1940 年至 1971 年利用自己的研究发表了 5 集《物种性质的实验研究》(Experimental Studies on the Nature of Species),并出版了《植物种进化的阶段》一书(Clausen, 1951)。由此可以看出,Clausen, Keck 和 Hiesey 的规模巨大、范围广泛和多学科的实验研究都是探讨物种内部分化和物种形成的过程。

Gregor 学派及其他学者的实验分类学研究 他们早在 20 世纪 20 年代晚期即在苏格兰开始对车前属的 *Plantago maritima* 进行实验分类学(experimental taxonomy)研究(cf. Davis & Heywood, 1963)。他们的实验分类研究步骤是:1)选择研究的植物类群;2)在其地理和生态范围内取样;3)移栽试验;4)变异的观察和统计分析;5)研究育性关系;6)细胞学研究;7)对结果进行综合分析。*P. maritima* 的繁育居群(breeding population)多少不连续,居群内个体不多,在海岸广泛分布,从积水的海边淤泥、盐水沼泽至排水良好的海边淤泥都有分布。他们强调系统的取样。栽培后记录各种性状。他们发现,这个种中,居群之间易于用数量性状和与生长习性有关的性状区分开来。他们的研究结果表明,生态型变异的式样更多的是连续的,而不是不连续的,与生境显示的梯度相对应。Gregor 后来采纳 Huxley 提出的梯度变异(cline)概念,并提出连续的生态型变异应称为 ecocline(生态梯度变异)。他认为,其他学者辨认出来的生态型有一些实际上是连续变异的一部分。他重新把

它们确定为生态梯度变异的一个区段。

Bocher 在丹麦进行了一系列类似的栽培实验。他(Bocher,1943)对 *Plantago lanceolata* 的研究结果支持 Gregor 关于生态型变异本质上连续的观点。在这里体态类型(被区分为 decumbens，ascendens 和 erecta)形成一个系列,与环境的梯度相对应。Bocher (1944) 也对婆婆纳属的 *Veronica officinalis* 进行了研究。其结果提供了又一个梯度变异式样。这个种所有的宗都是倾卧的，但在叶大小方面表现出明显差异。随着向北或向东,即向内陆区域,叶子增大,而且被认为是一个 topocline(地理梯度变异)(也即与地理或气候相关的梯度)，但随着从有林地点向无林地点取样,这个种又表现为生态梯度变异。关于 *P. lanceolata*，Bocher 作出他的结论:某些分类学单位与某些生态型(即遗传宗 = genetic races) 或生态梯度变异上的某一区段很吻合。在分布区西北部裸露岩石上一些矮小的宗通过一系列中间类型与其他‘生态型’相连接。

正如 Raven(1974) 所说的,在 30 年代至 40 年代初,除了 Turesson，Clausen 及其合作者 Keck 和 Hiesey、Gregor 以及 Bocher 的工作外,还有 du Rietz (1930)，Dobzhansky (1941) 和 Mayr (1942)等的研究(Raven,1974)代表那个时代。Huxley (1940)编辑了一本书,总结了以前近 20 年的研究结果,书名为《新系统学》(New Systematics)。所有这些工作给予系统学带来了崭新面貌,大有变革整个系统学领域之势。回顾起来,我们清楚地看到,20 世纪 40 年代的分类学家急着采用客观而又可操作的区分物种的标准。早在 1935 年,Wiegand (1935)就激动地说:“不要用那些只会造成混淆、引起不满的、无穷尽的名称和半生不熟的概念搅乱我们的问题,不要推卸责任,难道这不是我们的责任吗?分类学这门科学现在被一般工作者贬得太低了”。如果化学家有元素周期表,为什么分类学家不能也有可重复的单位呢?于是,1949 年 W. H. Camp 在美国植物分类学家协会的主席致词中争辩道,“如果经典分类学是一门科学,那就要对它的基本单位——‘物种’——恰切地下定义……下一个有效而好用的定义。新的命名法系统不能换汤不换药,必须新瓶装新酒,以便用描述术语表达多种多样的动态的遗传体系(genetic systems)……我们中有些人希望变化要逐步进行,以避免经典分类学与 biosystematy 之间的公开冲突……”(转引自 Raven,1974)。一个新时代就在眼前(Raven,1974)。

Camp 和 Gilly(1943)的 biosystematy 就是在实验分类学取得重大进展,追求物种的明确定义的背景下诞生的。

Camp 和 Gilly 的“biosystematy”　因为“biosystematy”一词最早是由 Camp 和 Gilly (1943)引入科学的,我们就应当知道,他们在什么场合下引进这个词,对这个词他们作何解释,这对于正确理解“biosystematy”一词的真实含意是必要的。他们的论文题目是‘The structure and origin of species’(物种结构和起源),还有一个副标题‘with discussion of infraspecific variability and related nomenclatural problems’(附带讨论种内变异性及有关的命名法问题)。请注意，这篇文章的标题和副标题涉及的都是物种和种下的问题。下面让我们看看 Camp 和 Gilly 两人在这篇文章中表达的“biosystematy”的含意。在前言中,他们说‘系统学家早就认识到,许多居群是多样的——某些物种形态上一致,而别的物种却是非常多变的。Biosystematy 寻求解释造成物种结构上这些差异的原因。只有这样才能把物种置于有效的命名系统中。”诚然,他们把 biosystematy 定义为:“(1)划分自然的生物单位;(2)用一

个适当的命名系统来命名自然的生物单位,使之能精确表达有关它们之间的界限、亲缘关系、变异和动态结构方面的信息"(p. 373)。在这里他们的确没有指明"自然的生物单位"(natural biotic units)的等级,似乎也可以指物种以上的单位。但是紧接着,他们就指明了"unit"的等级。请看:"生物学单位的系统学这门科学(science of the systematics of biological units)不再必须以物种的静态概念为基础;通过认识这一单位的动态,系统科学就变成了 science of biosystematy。"这里有两点值得注意:第一,他们所说的生物学单位指的就是物种;第二,在物种问题上,传统的系统学把物种看成是静态的,一旦研究物种的动态,就变成了 biosystematy。由此可以说,在他们看来,biosystematy 就是研究物种动态的科学。他们提到,在那时由于居群遗传结构的资料稳步增加,还由于有了分析遗传变异机制的方法,研究物种问题(problem of the species)变得比以往现实了。他们在此文中特别提到,染色体易位、重复、缺失,位置效应、倒位、同源多倍体、异源多倍体、异基数性(dysploidy)以及许多科中存在的无融合生殖都能影响物种的性质。因此,"系统学家的单位——物种并没有一个共同的起源方式;物种可能有多种起源途径。其结果是:有各式各样的物种(various kinds of species)"。他们指出,"有两个因素决定物种的类型:(1)类群内起作用的遗传体系(genetic system);(2)我们研究时所处的阶段"。他们把对物种的认识分为三个阶段。"第一阶段,物种只是根据单份标本或若干碰巧看到的标本认识的,这就是调查研究阶段。""第二阶段是根据形态变异和分布的研究,可称为系统学研究。"最后阶段,就是 biosystematy 阶段,是"对所探讨的类群除进行形态和生物地理学研究外,还要进行遗传学分析。"我们知道,就是在那时就已经认识到几乎不可能对物种以上的类群进行遗传分析。这是他们在序言中叙述的 biosystematy 的含意。

他们文章的正文分三个部分:在第一部分(The species in biosystematy),他们指出,在 biosystematy 看来,物种是动态的实体;死板地应用物种的定义就会导致静态的观点。我们关于物种的概念基于两条主要标准:"(1)物种 – 居群在野外的外貌;(2)居群内起控制作用的遗传体系"。接着他们说:"系统学家有必要接受两条原则:(1)物种并不具有等量的内在遗传变异;(2)因此一个物种的所有个体都可能不完全与特定的那份命名模式一致。物种不一定是一类特定的有机体;物种是一类居群"。在对物种类别的分析中,Camp 和 Gilly 把物种分为不具无融合生殖和具无融合生殖的。他把前者分为 10 类。因为篇幅所限,也由于他们 10 类的划分没有多大影响,我这里不作介绍。后者分为两类:Apogameon(兼性无融合生殖种)和 Agameon(专性无融合生殖种)。这里要强调一点,不管他们采用的分类体制如何,都是用于处理种和种下类群的;在第二部分,即"居群内变异性"中他们讲了三个问题:1)有机体可塑性和命名上的区分;2)杂种、杂种居群和基因混杂(genic contamination);3)生物地理分析和间断分布。这三个问题都仅限于种和种下单位;在第三部分,即"命名法和种下单位"中,正如标题所示的,叙述的全是种内的问题。因此在"biosystematy"的原始文献中,原作者讨论的全是种和种下问题,与种上分类单位无关。

40 年代至 50 年代,biosystematics 继续发展,甚至可以说蒸蒸日上,这期间有不少经典著作问世,如 Babcock(1947)的还阳参属 *Crepis* 专著,Goodspeed(1954)的烟草属 *Nicotiana* 专著,Anderson(1949)关于自然杂交的精彩研究,等等。他们的工作归纳起来就是应用细胞和遗传的方法对物种问题进行实验研究。

后来学者的概念和评述　Stebbins（1950）在其不朽的著作《植物的变异与进化》中把“biosystematics”与 Clausen，Keck and Hiesey（1940）的“实验分类学”（experimental taxonomy”或 Huxley（1940）的“New Systematics”相提并论，并认为它是由于遗传学的发展，为系统学家开辟了探讨进化问题的新途径的结果。

Davis 和 Heywood（1963）在其权威性的著作中给予“biosystematics”非常明确的定义。他们说：“广义的 biosystematics 是系统学中探讨物种变异和进化的那部分。相对分类本身来说，它更多地涉及的是进化过程”。他们指出，主要依据繁育系统（breeding system）提出的若干专门的分类，和一般的分类学中的分类之间的关系曾引起激烈的争论。这种争论一度有使分类学家分为两大阵营的危险。

“biosystematics”并没有解决分类学的客观性问题，60 年代以后，人们对它的热情有所下降。1969 年在美国西雅图召开的第 11 届国际植物学大会上曾举行了一个学术报告会，名为“十字路口的 biosystematics”，充分反映了这种降温的结果。会上 Merxmüller（1970）甚至提出了 biosystematics 是否还活着这样的问题。当然他的结论是仍然活着，只不过他认为它应当扮演普通系统学中的整合的角色（integral part）。Ehrendorfer（1970）在学术报告会引言中说，40 年代的乐观主义感觉到 60 年代逐渐让位于悲观情绪，对 biosystematics 标准研究方法和概念是否具有普遍性发生了疑问。但是他仍然认为，作为对植物居群进化过程的研究，biosystematics 仍然还繁荣。Stebbins（1970）在会上作了总结发言，他说对于“biosystematics”这个“病人”，“我自己的诊断是乐观的”；“与经典分类学相反，biosystematics 主要探讨进化的过程，其次才是探讨其最终产物”。Stebbins 趋向于认为“biosystematics”不是一个满意的术语，宁可用“进化系统学”这样的术语来替代。

Solbrig（1970）写了一本以 biosystematics 为名的书，即《Principles and Methods of Plant Biosystematics》，共 12 章。前 7 章分析某些进化论题及有关的问题，后 5 章叙述 biosystematics 运用的主要研究方法。他指出 biosystematics 的主要任务是：1）阐明物种的起源和进化；2）划定具体物种的范围。他对 biosystematics 的理解与别的学者多少有些不同。他认为 biosystematics 是把遗传与细胞学的标准应用于系统学，特别是分类的基本单位——物种的描述与划分。他说：“biosystematics 可以更精确地定义为遗传学（和细胞遗传学）、统计学和化学应用于解决系统学问题，以便在进化论的框架内对生物多样性予以阐述。”Raven（1974）在回顾 1947～1972 年的植物系统学中至少用了一半的篇幅讲述了 biosystematics。他的结论是，那 25 年对植物居群中开展的大量实验研究显示，进化在不同类群中并不产生等同的单位。“生态种”、“近群种”等等术语很少用来讨论某些类群中得出的结果，因为实际情况与之不符。生态型被揭示出是异质的实体，而不是稳定的砖块。但是至今人们仍然期望有稳定的、可重复的单位。有鉴于此，传统地称为“biosystematics”一类的研究现在更明确地看作是进化过程的研究”，而不再指望它自动地作出分类结论。他指出，“一般目的分类学”（general purpose taxonomy）的概念已在 biosystematics 面前成熟起来，同时也体会到，分类学种不一定与过去的物种生物学家（biosystematists）构成的理论框架相等同。

Stace（1980）再次强调了“biosystematics”的概念和含意。他把“biosystematics”与实验分类学等同，而它们区别于传统的（orthodox）或经典的（classical）分类学。他正确地指出，“实验分类学并不单指实验步骤的运用，而且也指从居群而不是个体的观点、从居群内

发生的进化过程的观点对生物进行分类研究。因此，biosystematics 这个术语是合适的。它因而主要涉及分类学的遗传学、细胞学和生态学方面，而且必须涉及野外和实验地的研究，而传统分类学更多地依赖形态和解剖资料，在很大程度上能在标本室和实验室进行”。他接着说‘因此可以认为，‘biosystematics’就是遗传生态学（genecology）这个学科在分类学上的应用。遗传生态学则是研究物种反应其环境的基因型和表型变异”。然后，他指出“遗憾的是 biosystematics 这个术语已被某些分类学家拓宽了范围，实际上包括标本室以外的一切分类活动或几乎所有新近掌握的技术”。

我本人至今仍然赞同 Stace 的上述观点，就是说，“biosystematics”是以居群概念为指导，以实验和野外观察为手段，研究物种的分化及其生物学特性的学科。在 biosystematics 中居群概念是灵魂。对于这样的学科，“物种生物学”是一个相对恰当的译法。

参 考 文 献

王中仁，1998. 术语‘Biosystematics’和‘Complex’的概念和中文译法辩析。植物分类学报，36(6)：569 ~ 571

葛颂，1999. 也谈‘Biosystematics’的中文译名以及由此引发的思考。植物分类学报，37(6)：622 ~ 627

Anderson E，1949. Introgressive Hybridization. New York：Wiley

Babcock E B，1947. The Genus *Crepis*. Univ. Calif. Publ. Bot. 21 and 22. 1 ~ 1030

Bocher T W，1943. Studies on variation and biology in *Plantago lanceolata* L. Dansk Bot Arkiv，11(3)：1 ~ 18

Bocher T W，1944. The leaf size of *Veronica officinalis* in relation to genetic and environmental factors. Dansk Bot Arkiv，11(7)：1 ~ 20

Camp W H，Gilly C L，1943. The structure and origin of species. Brittonia，4：323 ~ 385

Clausen J，1951. Stages in the Evolution of Plant Species. New York：Cornell Univ. Press. 1 ~ 206

Clausen J，Keck D D，Hiesey W，1940. Experimental studies on the nature of species：Ⅰ. Effects of varied environments on western North American Plants. Carnegie Inst. Wash. Publ. 520. 1 ~ 564

Davis P H，Heywood V H，1963. Principles of Angiosperm Taxonomy. Edinburgh and London：Oliver & Boyd

Dobzhansky T，1941. Genetics and the Origin of Species，ed. 2. New York：Columbia Univ. Press

Du Rietz G E，1930. The fundamental units of biological taxonomy. Bot Tidskr，24：333 ~ 428

Ehrendorfer F，1970. Introduction to“Biosystematics at the crossroads”. Taxon，19：137 ~ 139

Goodspeed T H，1954. The Genus *Nicotiana*，Massachusetts：Waltham

Heywood V H，1976. Plant Taxonomy.（柯植芬译，1979. 植物分类学. 北京：科学出版社）

Huxley J，1940. New Systematics.（胡先骕译，1964. 新系统学. 北京：科学出版社）

Kawano S，1974. Evolutionary Biology in Plants Ⅱ：Speciation and Adaptation. Tokyo：Sanseido（in Japanese）

Mayr E，1942. Systematics and the Origin of Species. New York：Columbia Univ. Press

Merxmüller H，1970. Biosystematics：still alive？Taxon，19：140 ~ 145

Raven P H，1974. 25 years of botany：plant systematics，1947 ~ 1972. Ann MO Bot Gard，61：166 ~ 178

Solbrig O T，1970. Principles and Methods of Plant Biosystematics. New York：Macmillan Company

Stace C A，1980. Plant Taxonomy and Biosystematics.（韦仲新，缪汝槐等译，1986. 植物分类学与生物系统学. 北京：科学出版社）

Stebbins G L，1950. Variation and Evolution in Plants.（复旦大学遗传研究所译，1961. 植物的变异与进化. 上海：上海科学与技术出版社）

Stebbins G L，1970. Biosystematics：An avenue towards understanding evolution. Taxon，19：205 ~ 214

Turesson G，1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. Hereditas，3：211 ~ 350

Wiegand K M，1935. A taxonomist’s experience with hybrids in the wild. Science，81：161 ~ 166